

cited against 19

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : JP 09-288094

(43)Date of publication of application : 04.11.1997

(51)Int.Cl.

G01N 29/04

G01N 29/10

G01N 29/26

(21)Application number : 08-101325

(71)Applicant : HITACHI LTD

HITACHI ENG CO LTD

(22)Date of filing :

23.04.1996

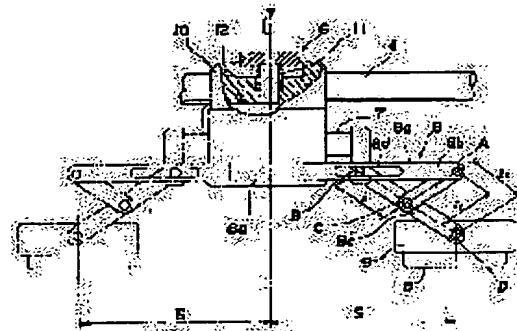
(72)Inventor : MASUMOTO TSUTOMU  
INADA YASUNARI  
ICHIKI YOICHI  
KIMURA YUTAKA

## (54) ULTRASONIC FLAW DETECTION APPARATUS

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve the miniaturization and wt. reduction of an ultrasonic flaw detection apparatus and the enhancement of the efficiency of flaw detection work.

**SOLUTION:** An air cylinder 7 and a link mechanism 8 are together used in an ultrasonic probe pressing mechanism 6, and the parallel movement of the air cylinder 7 to a flaw detection arm 4 is converted to the movement of an ultrasonic probe 5 in the direction vertical to the flaw detection arm 4, in other words, the parallel movement thereof to a guide rail, and flaw detection is performed so as to follow the change of the curved surface of an elbow, and the error of the linear distance between the ultrasonic probe 5 and the guide rail is eliminated. The press mechanism such as the cylinder 7 can be arranged in a piping axis direction and the height of this apparatus can be reduced. Further, an ultrasonic wave incident direction can be changed by 180° from an offset state without detaching the ultrasonic probe 5 by the rotary function provided to the ultrasonic probe pressing mechanism, and arm length can be shortened.



# Machine Translation of JP 09-288094

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ultrasonic test equipment which conducts nondestructive inspection of analyte, and relates to the suitable ultrasonic test equipment for automatic testing of the weld zone of piping which has the connection of a bend and a straight pipe especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the ultrasonic crack inspect is carried out to various ingredients and configurations, since it is a complicated configuration to the analyte of the shape of tubing which has especially deflection unlike the plate-like thing, a device is needed in case an ultrasound probe is made to scan along the front face of analyte. As a technique which carries out the ultrasonic crack inspect of the analyte of the shape of tubing which has such deflection, what is indicated by JP,6-64028,B is known, for example.

[0003] It is that which this well-known invention makes support the press member (flaw detection arm) of an ultrasonic acoustic wave probe by one point, and the location of an ultrasound probe is changed in the shape of radii, and carries out flaw detection according to the curved surface of a bend. The datum level which contains in more detail the circle with which the straight run of pipe and the bend section are in contact is assumed. The die length of said flaw detection arm, the include angle to which the flaw detection arm concerned leans to the straight run of pipe, The distance between the rotation central point of a flaw detection arm, and said datum level, the distance between the fields where the point that said probe is attached in the flaw detection arm, and the probe touch the specimen, The distance from said datum level to [ from the angle location of a probe etc. ] a probe is calculated about the circumferencial direction of analyte with the formula (procedure) set as the count circuit, and it is constituted so that it may amend automatically.

[0004] Moreover, although a flaw detection arm is made to support by one point as mentioned above and a radii-like locus is made to follow, there is also flaw detection equipment of a format which is being fixed where a flaw detection arm is extended to the longitudinal direction of tubing, as elsewhere shown in drawing 5. The guide rail 2 with which this equipment is attached free [ attachment and detachment ] along with the circumferencial direction of piping 1, Said guide rail 2 is received to the mobile 3 which moves this guide-rail 2 top to the hoop direction of piping 1, and this mobile 3. A perpendicular direction and the flaw detection arm 4 which in other words was attached in parallel with the longitudinal direction (shaft orientations) of straight pipe 1a, It consists of an ultrasound probe 5 which moves along with the flaw detection arm 4, and a press device 6 which forces this ultrasound probe 5 on piping 1. In addition, the drive containing the motor which is not illustrated is carried in a mobile 3, and automatic transit is attained.

[0005] In addition, it is the weld zone W from which it is joined by welding and the boundary part of straight pipe 1a and bend 1b serves as a subject of examination in drawing 5.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, cost not only becomes high, but [ since it is necessary to incorporate the circuit containing CPU for it, ] in what calculates like the former conventional example in a count circuit, and is amended automatically, since there are many parameters as mentioned above, depending on the configuration of analyte, a user's input may take time amount.

[0007] moreover, in the latter conventional example, even if it sees drawing 5, it understands -- as -- the flaw detection range of a probe -- in order in other words to make it move by flaw detection stroke ST, it is necessary to set up the die length of the flaw detection arm 4 so that it may become long a moved part of the press device 6 from the stroke ST concerned, as Q shows drawing However, if the flaw detection arm 4 becomes long, when carrying out flaw detection of the bend section of minor diameter piping, it is venter 1b' of bend 1b, and partial 1b' of the antinode of point 4a of the flaw detection arm 4 and bend 1b comes to interfere. If it is going to prevent this interference, it is necessary to shorten the die length of the flaw detection arm 4, and if it shortens, also when the flaw detection stroke ST will become short, the flaw detection range will become small and it will be connected with decline in working capacity, it comes out.

[0008] Moreover, conventionally, since equipment makes the press to the piping 1 of an ultrasound probe 5 the method extruded in the direction of a core of piping 1 in pneumatic-cylinder 7 grade, an air cylinder 7 turns a longitudinal direction to the core of piping 1, and is arranged. On the other hand, naturally at the time of flaw detection, a press stroke becomes long by backside 1b" of bend 1b. Then,

if a large press stroke is taken corresponding to this, the dimension of the longitudinal direction of an air cylinder 7 will also become large, and the whole equipment will also become large by this. Thus, if the dimension of the longitudinal direction of an air cylinder 7 and the dimension of the whole equipment become large, installing in a narrow piping part dimensionally becomes impossible, inspection will become impossible or attachment will become troublesome in connection with weight increase. It becomes [ working hours become long and / by inspection of piping of a reactor / the contamination time amount to a worker ] long especially and is not desirable if installation becomes troublesome.

[0009] Furthermore, since the forcing device 6 of an ultrasound probe 5 only carries out slide migration as shown in drawing 5, when it changes the direction of incidence of the supersonic wave over analyte, the activity which demounts and rearranges an ultrasound probe 5 will be needed, and this will also lead to extension of working hours, as a result it will cause the increment in contamination time amount.

[0010] This invention was made in view of such a point, and the purpose is in offering the cheap ultrasonic test equipment of cost by the small light weight. Moreover, other purposes are to offer the ultrasonic test equipment excellent in the workability which can carry out flaw detection automatically in a short time.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The ultrasound probe to which this invention transmits and receives a supersonic wave to analyte in order to attain the above-mentioned purpose, The support means which supports this ultrasound probe free [ contiguity estrangement ] to the front face of analyte, In the ultrasonic test equipment which is equipped with the attachment component which holds this support means movable along the front face of analyte, and performs flaw detection of analyte by said ultrasound probe When said support means drives in the parallel direction to the front face of said analyte with said maintenance means, it is characterized by consisting of a link mechanism which moves said ultrasound probe in the perpendicular direction to the front face of said analyte.

[0012] In this case, you may constitute from a link mechanism which moves with the curvature with which said ultrasound probe set said support means as arbitration to the front face of said analyte.

[0013] Moreover, said analyte consists of a tubular member and arranges said attachment component in parallel to the shaft orientations of said tubular member. Furthermore, the guide rail installed along with the circumferential direction of said tubular member and the bearing member which supports said attachment component movable to a circumferential direction along with this guide rail can also be prepared. In that case, the drive containing a motor is carried in said bearing member, and it can constitute also so that automatic transit of the bearing member may be carried out along with a guide rail.

[0014] Moreover, said support means is established rotatable in parallel to the longitudinal direction of said attachment component, and to make the direction of incidence of a supersonic wave at least 180-degree adjustable in the state of offset is desired.

[0015] Furthermore, it is good to prepare an ultrasound probe in the location which carried out specified quantity offset to the rotation core of said support means.

[0016] By constituting as mentioned above, small and lightweight-ization of equipment can be attained by changing [ of piping ] the ultrasound probe press direction in a cylinder etc. into the shaft orientations of piping from a path, and making the height of equipment low. By making a change of this press direction by the include-angle conversion by the link mechanism, and adjusting the dimension of the configuration member of a link mechanism, the locus of an ultrasound probe maintenance location can be set as a straight-line-like thing and the thing of the curvature of arbitration, and an amendment count circuit becomes unnecessary by this.

[0017] In addition, in the following operation gestalten, said attachment component is equivalent to the press device section 6, and said bearing member is equivalent to the mobile 3 at the link mechanism 8 for said support means, respectively.

[0018]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0019] [Operation gestalt of \*\* 1st] drawing 1 is drawing showing the press device section 6 of the automatic ultrasonic test equipment for piping concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[0020] The press device section 6 consists of body section 6a attached possible [ a slide on the flaw detection arm 4 ], the air cylinder 7 prepared in the lower part in drawing of this body section 6a, a link mechanism 8 which a drive end drives by the air cylinder 7, and a holder 9 which is attached in the actuation edge of this link mechanism 8, and holds an ultrasound probe 5. A link mechanism 8 is what consists of 3 link (a [ 8 ],b [ 8 ],8c) 4 joints (A, B, C, D). Joint A is connected for the end of 2nd link

8b at the tip of 1st link 8a, enabling free rotation. The other end of 2nd link 8b is connected for the center section of 3rd link 8c in Joint C, enabling free rotation, the end of 3rd link 8c is connected through Joint B by the point of said air cylinder 7, and the other end of 3rd link 8c is supporting said holder 9 free [ rotation ] by Joint D. While said joint B connects 3rd link 8c by the point of an air cylinder 7 as mentioned above, the migration location is restrained so that it can reciprocate, only by meeting 8d of long slots established in 1st link 8a. In addition, although not illustrated here, the guide rail 2, the mobile 3, and the flaw detection arm 4 are constituted on a par with the conventional example of drawing 5.

[0021] Here, the above-mentioned link mechanism 8 is explained to a detail. Drawing 3 is the functional diagram of the link mechanism which models the link mechanism 8 shown in drawing 1, and extrudes linearly migration in the direction of a path of an ultrasound probe to shaft orientations. Hereafter, with reference to drawing 3, an ultrasound probe retaining point (joint D) verifies whether a slant range X changes with the amounts m of extrusion of an air cylinder 7.

[0022] First, Point A is a set point (OA=L) and Point B carries out straight-line migration of the OO' top. For the angle (\*\*ABD) of 1st link 8a when Point B moves, and 3rd link 8c to make, and Point C, when [ are at the core of 3rd link 8c, and ] AC=BC=CD=l, the vertical distance X from the ultrasound probe retaining point D to press device section 6 body is [ the distance and the include angle theta to which Point B moved m ]  $X=m+2 l \sin(90 \text{ degree-theta})$ .

It comes out and asks. Then, L dimension which is setting die length is  $L=m+AB$ , and is  $AB=2 l \sin(90 \text{ degree-theta})$ .

Since come out and it is, it is  $L=m+2 l \sin(90 \text{ degree-theta})$ .

It becomes. Therefore, it becomes  $X=L$ , and even if the point B of arbitration, i.e., the extrusion outlet of an air cylinder 7, changes, it turns out that X dimension of the ultrasound probe retaining point D does not change. Since the stroke of an air cylinder 7 specifies the location of only the direction of an axial center of the piping 1 of an ultrasound probe 5 and this does not participate in the location of shaft orientations, once the location to the contact arm 4 of the press device section 6 is decided, it will be lost that a measurement part shifts of it in shaft orientations. So, the error from which said gap becomes a cause on the occasion of measurement does not arise, and automation becomes easy.

[0023] the link mechanism 8 which attaches in the flaw detection arm 4 the press device section 6 constituted as mentioned above as the direction of the variation rate of a pneumatic cylinder 7 becomes parallel to the flaw detection arm 4, and consists of links 8a-8c at the time of inspection -- the shaft orientations of a pneumatic cylinder 7 -- a variation rate -- the direction of a path -- it changes into a variation rate. Therefore, since it becomes unnecessary for the dimension of the height direction of the press device section 6 to arrange an air cylinder 7 in the height direction when it sees from piping 1, it will end with min.

[0024] Moreover, the pneumatic cylinder 7 is attached in the slider 10 sent by the ball thread of the flaw detection arm 4 etc. through the spring 11 and the dowel pin 12, and it can rotate a pneumatic cylinder 7 now in an parallel field to the shaft orientations of the flaw detection arm 4, pushing a spring 11. Then, if a pneumatic cylinder 7 is rotated 180 degrees centering on the rotation core T, on both sides of the weld zone (line) W of the flaw detection section, the direction of incidence of a supersonic wave is changeable. In case the direction of flaw detection is changed, it becomes unnecessary therefore, to impose time and effort, such as removing and changing the press device section 6 and an air cylinder 7.

[0025] furthermore, the thing which only S makes offset the location of an ultrasound probe 5, and the center-of-rotation location of a pneumatic cylinder 7 as shown in the explanatory view of the press device of the ultrasound probe of drawing 2 of operation -- the die length of the flaw detection arm 2 -- need flaw detection die length -- receiving -- 2 -- it can shorten S part. While small lightweight-ization of equipment is attained by this, interference with the flaw detection arm 4 and venter 1b' of bend 1b can also be controlled like the conventional example.

[0026] According to this operation gestalt, accurate automatic testing of the weld zone of a straight pipe and a bend becomes possible by setting up the location of an ultrasound probe 5 and making it run a mobile 3 along with a guide rail 2. Moreover, since equipment is formed into small lightweight, while the rate of application of automatic testing improves, operability also improves. By this small lightweight-ization, the motor load at the time of automatic transit mitigates, and it becomes quick about a travel speed. Thus, since working efficiency improves, the amount of radiation contamination to the operator who performs flaw detection can be reduced.

[0027] With the [operation gestalt of \*\* 2nd] above-mentioned implementation gestalt above -- the 1st thru/or the distance l1 during a joint of the 3rd link 8a, 8b, and 8c, l2, and l3 making it equal (=l), respectively -- the shaft orientations of straight pipe 1a of an air cylinder 7 -- a variation rate -- the direction of a path of an ultrasound probe 5, while changing into a variation rate Although it constitutes

so that an ultrasound probe 5 and the ultrasound probe holder 9 may be moved linearly, by linear migration, as mentioned above, in venter 1b', it interferes and un-arranging [ that a stroke superfluous in backside 1b" is needed ] arises at bend-section 1b, for example. Then, the 1st thru/or the distance l1 and l2 during a joint of the 3rd link 8a, 8b, and 8c, and l3 As differed in at least one, it is l1 !=l2 !=l3. Or l1 =l2 !=l3 If it sets up so that it may become, the locus of the ultrasound probe retaining point D will not become linear like the 1st operation gestalt.

[0028] It is l1 =l2 !=l3 to drawing 4 as an example. The locus when setting up is shown. It turns out that the locus of the ultrasound probe retaining point D has become curve-like (point D1 ->D2 ->D3) corresponding to change (a linear change like B1 ->B-2 ->B3 of Point B) of a stroke of an air cylinder 7 as shown in this drawing. In addition, C1 ->C2 ->C3 It is the locus of Joint C. Thus, if it sets up, in case flaw detection of the weld zone W of straight pipe 1a and bend 1b is carried out and flaw detection will be especially carried out from a bend side, it can respond to metal distance change of backside 1b" of bend 1b, and venter 1b' in approximation. That is, if based on the neutral axis of bending of a bend section, only the part equivalent to the bend radii of a bend section of the metal distance of shaft orientations will be short in backside 1b", and it will become long in venter 1b'. Therefore, in order to set metal distance at least to each part of a bend section and to make it uniform, it can respond to some extent by changing the distance during a joint of Links 8a-8c, as shown in drawing 4. in addition -- especially, since each part which is not explained is constituted by the 1st above-mentioned operation gestalt and above-mentioned EQC, the overlapping explanation is omitted.

[0029]

[Effect of the Invention] By old explanation, according to this invention, effectiveness which is described below is done so so that clearly.

[0030] Namely, according to invention according to claim 1 which the support means of an ultrasound probe becomes from the link mechanism which moves an ultrasound probe in the perpendicular direction to the front face of analyte when it drives in the parallel direction to the front face of analyte by the attachment component Since the parallel actuation to the analyte of an attachment component is changed into migration of the perpendicular direction over the front face of the analyte of a support means It becomes possible minimum to stop the height of an attachment component, and it becomes possible [ being able to attain small lightweight-ization, having and aiming at reduction of cost, and improvement in working efficiency by this, ]. Furthermore, when inspecting piping of a reactor by improvement in this working efficiency, an operator's contamination time amount can be shortened.

[0031] When it is necessary to correspond to metal distance change of a backside and a venter to the curved ingredient according to invention according to claim 2 which the support means of an ultrasound probe becomes from the link mechanism to which an ultrasound probe is moved with predetermined curvature to the front face of analyte, it becomes possible to correspond to metal distance change in approximation by changing the distance during a joint of a link mechanism.

[0032] Analyte consists of a tubular member, and according to invention according to claim 3 by which an attachment component is arranged in parallel with the shaft orientations of a tubular member, invention according to claim 1 or 2 is applicable to a tubular member.

[0033] According to invention according to claim 4 further equipped with the guide rail installed along with the circumferencial direction of a tubular member, and the bearing member which supports an attachment component movable to a circumferencial direction along with this guide rail, and invention according to claim 5 in which the drive containing a motor was carried in the bearing member, with the location precision of an ultrasound probe held, since automatic transit is possible, it is accurate and the ultrasonic crack inspect of a tubular member can be performed efficiently.

[0034] Since the direction of incidence of the acoustic wave of an ultrasound probe can be easily changed by rotating a support means according to invention according to claim 6 by which the support means was supported in parallel rotatable to the longitudinal direction of an attachment component, efficient flaw detection becomes possible.

[0035] According to invention according to claim 7 which prepared the ultrasound probe in the location by which specified quantity offset was carried out to the rotation core of a support means Since the flaw detection range by the support means is extended with the combination of rotation of a support means, and offset of an ultrasound probe The thing of the amount of offset made short twice becomes possible to need flaw detection die length about flaw detection arm length, small lightweight-ization is further promoted by this and reduction and working capacity of cost can be further raised by it.

---

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-288094

(43)公開日 平成9年(1997)11月4日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 29/04	5 0 1		G 0 1 N 29/04	5 0 1
29/10	5 0 2		29/10	5 0 2
29/26	5 0 1		29/26	5 0 1

審査請求 未請求 請求項の数7 O.L. (全8頁)

(21)出願番号	特願平8-101325	(71)出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成8年(1996)4月23日	(71)出願人	390023928 日立エンジニアリング株式会社 茨城県日立市幸町3丁目2番1号
		(72)発明者	樹本 勉 茨城県日立市幸町三丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内
		(72)発明者	稻田 康徳 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内
		(74)代理人	弁理士 武 顯次郎
			最終頁に続く

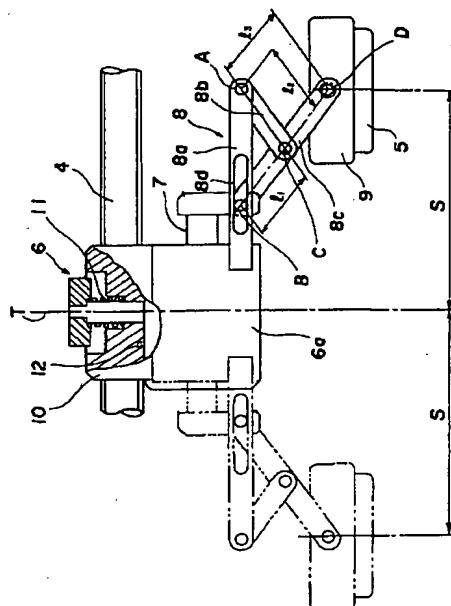
## (54)【発明の名称】超音波探傷装置

## (57)【要約】

【課題】超音波探傷装置の小型軽量化と探傷作業の効率向上を図る。

【解決手段】超音波探触子押圧機構6にエアシリンダ7とリンク機構8を併用し、エアシリンダ7の探傷アーム4に対する平行な移動を超音波探触子5の探傷アーム4に対する垂直な方向の移動、言い換えればガイドレール2に対する平行な移動に変換し、エルボ曲面の変化に追従して探傷する際課題となる超音波探触子5とガイドレール2間の直線距離の誤差をなくすことを可能にした。また、エアシリンダ7等の押圧機構を配管軸方向へ設置することが可能となり、装置高さを低くできた。さらに、超音波探触子押圧機構6に設けた回転機能により超音波探触子5を取り外すことなくオフセット状態から180度超音波入射方向を変えることができ、これによりアーム長さを短くすることを可能にした。

【図1】



(2)

特開平9-288094

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検体に対して超音波を送受信する超音波探触子と、この超音波探触子を被検体の表面に対して近接離反自在に支持する支持手段と、この支持手段を被検体の表面に沿って移動可能に保持する保持部材とを備え、前記超音波探触子によって被検体の探傷を行う超音波探傷装置において、

前記支持手段が、前記保持部材によって前記被検体の表面に対して平行な方向に駆動されたときに前記超音波探触子を前記被検体の表面に対して垂直な方向に移動させるリンク機構からなることを特徴とする超音波探傷装置。

【請求項2】 被検体に対して超音波を送受信する超音波探触子と、この超音波探触子を被検体の表面に対して近接離反自在に支持する支持手段と、この支持手段を被検体の表面に沿って移動可能に保持する保持部材とを備え、前記超音波探触子によって被検体の探傷を行う超音波探傷装置において、

前記支持手段が、前記保持部材によって前記被検体の表面に対して平行な方向に駆動されたときに前記超音波探触子を前記被検体の表面に対して任意に設定した曲率で移動させるリンク機構からなることを特徴とする超音波探傷装置。

【請求項3】 前記被検体が管状部材からなり、前記保持部材が直管状の前記管状部材の軸方向に対して平行に配置されることを特徴とする請求項1または2に記載の超音波探傷装置。

【請求項4】 前記管状部材の円周方向に沿って設置されるガイドレールと、このガイドレールに沿って円周方向に移動可能に前記保持部材を支承する支承部材とをさらに備えていることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の超音波探傷装置。

【請求項5】 前記支承部材を駆動するモータを含む駆動機構が前記支承部材に搭載されていることを特徴とする請求項4に記載の超音波探傷装置。

【請求項6】 前記支持手段は前記保持部材の長手方向に対して平行に回動可能に支持されていることを特徴とする請求項1または2に記載の超音波探傷装置。

【請求項7】 前記支持手段の回動中心に対して所定量オフセットされた位置に超音波探触子が設けられていることを特徴とする請求項6に記載の超音波探傷装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、被検体の非破壊検査を行う超音波探傷装置に係り、特に、曲管と直管との接続部を有する配管の溶接部の自動探傷に好適な超音波探傷装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 超音波探傷は種々の材料や形状に対して実施されているが、特に曲がりを有する管状の被検体に

対しては平板状のものと異なり、複雑な形状になっているので、超音波探触子を被検体の表面に沿って走査させる際には工夫が必要となる。このような曲がりを有する管状の被検体を超音波探傷する技術としては、例えば、特公平6-64028号公報に記載されているようなものが知られている。

【0003】 この公知発明は、超音波探触子の押圧部材（探傷アーム）を一点で支持させて、曲管の曲面に従って超音波探触子の位置を円弧状に変化させて探傷するもので、さらに詳しくは、直管部と曲管部とが接している円を含む基準面を想定し、前記探傷アームの長さ、当該探傷アームが直管部に対して傾いている角度、探傷アームの回動中心点と前記基準面との間の距離、前記探触子が探傷アームに取りつけられている点と探触子が被検物に接触している面との間の距離、被検体の円周方向について探触子の角位置などから、前記基準面から探触子までの距離を計算回路に設定された数式（手順）によって計算し、自動的に補正するように構成されたものである。

【0004】 また、上記のように探傷アームを一点で支持させて円弧状の軌跡を辿らせるもの他に図5に示すように探傷アームが管の長手方向に伸びた状態で固定されているような形式の探傷装置もある。この装置は配管1の円周方向に沿って着脱自在に取り付けられるガイドレール2と、このガイドレール2上を配管1の周方向に移動する移動体3と、この移動体3に対して前記ガイドレール2に対して垂直な方向、言い換えれば直管1aの長手方向（軸方向）に平行に取り付けられた探傷アーム4と、探傷アーム4に沿って移動する超音波探触子5と、この超音波探触子5を配管1に押し付ける押圧機構6とから構成されている。なお、移動体3内には、図示しないモータを含む駆動機構が搭載され、自動走行可能になっている。

【0005】 なお、図5において直管1aと曲管1bとの境界部分が溶接によって接合され、検査対象となる溶接部Wである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、前者の従来例のように計算回路で計算して自動的に補正するものでは、このためのCPUを含む回路を組み込む必要があるのでコストが高くなるばかりでなく、上述のようにパラメータが多いので被検体の形状によってはユーザの入力に時間がかかる場合もある。

【0007】 また、後者の従来例では図5を見ても分かるように探触子の探傷範囲、言い換えれば探傷ストロークS-T分移動させるには、図においてQで示すように当該ストロークS-Tよりも押圧機構6の移動分だけ長くなるように探傷アーム4の長さを設定する必要がある。しかし、探傷アーム4が長くなると、小径配管の曲管部を探傷する場合、曲管1bの腹側1b'で探傷アーム4の

50

(3)

特開平9-288094

3

先端部4aと曲管1bの腹の部分1b'が干渉するようになる。この干渉を防ごうとすると、探傷アーム4の長さを短くする必要があり、短くすると探傷ストロークSTが短くなつて探傷範囲が小さくなり、作業能率の低下に結び付く場合も出てくる。

【0008】また、従来装置は、超音波探触子5の配管1への押圧をエアーシリンダ7等で配管1の中心方向に押し出す方式としているので、エアシリンダ7は長手方向を配管1の中心に向けて配置されている。一方、探傷時には、当然、曲管1bの背側1b"で押圧ストロークが長くなる。そこで、これに対応して押圧ストロークを大きくとると、エアシリンダ7の長手方向の寸法も大きくなり、これによって装置全体も大きくなる。このようにエアシリンダ7の長手方向の寸法や装置全体の寸法が大きくなると、寸法的に狭い配管部分に設置することが不可能となつて、検査ができなくなつたり、重量の増加に伴つて取付作業などが面倒になる。取り付け作業が面倒になると、作業時間が長くなり、特に原子炉の配管の検査では、作業員に対する被爆時間が長くなつて好ましくない。

【0009】さらに、超音波探触子5の押し付け機構6は、図5に示すように単にスライド移動するだけなので、被検体に対する超音波の入射方向を変更する場合、超音波探触子5を取外して組み替える作業が必要となり、これも作業時間の延長に繋がり、ひいては被爆時間の増加を招くことになる。

【0010】本発明は、このような点に鑑みてなされたもので、その目的は、小型軽量でコストの安い超音波探傷装置を提供することにある。また、他の目的は短時間で自動的に探傷することができる作業性に優れた超音波探傷装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、被検体に対して超音波を送受信する超音波探触子と、この超音波探触子を被検体の表面に対して近接離反自在に支持する支持手段と、この支持手段を被検体の表面に沿つて移動可能に保持する保持部材とを備え、前記超音波探触子によって被検体の探傷を行う超音波探傷装置において、前記支持手段が、前記保持手段によって前記被検体の表面に対して平行な方向に駆動されたときに前記超音波探触子を前記被検体の表面に対して垂直な方向に移動させるリンク機構からなることを特徴としている。

【0012】この場合、前記支持手段を前記超音波探触子が前記被検体の表面に対して任意に設定した曲率で移動するリンク機構から構成してもよい。

【0013】また、前記被検体が管状部材からなり、前記保持部材を前記管状部材の軸方向に対して平行に配置する。さらに、前記管状部材の円周方向に沿つて設置されるガイドレールと、このガイドレールに沿つて円周方

4

向に移動可能に前記保持部材を支承する支承部材とを設けることもできる。その際、前記支承部材にモータを含む駆動機構を搭載し、支承部材をガイドレールに沿つて自動走行させるようにも構成できる。

【0014】また、前記支持手段を前記保持部材の長手方向に対して平行に回動可能に設け、超音波の入射方向をオフセット状態で少なくとも180°可変とすることが望まれる。

【0015】さらに、前記支持手段の回動中心に対して超音波探触子を所定量オフセットした位置に設けるといい。

【0016】上記のように構成することによって、シリンドラ等による超音波探触子押圧方向を例えば配管の径方向から配管の軸方向に変更して装置の高さを低くすることで、装置の小型・軽量化を図ることができる。この押圧方向の変更は、リンク機構による角度変換で行われ、リンク機構の構成部材の寸法を調整することにより、超音波探触子保持位置の軌跡を直線状のものや、任意の曲率のものに設定することができ、これによって補正計算回路が不要となる。

【0017】なお、以下の実施形態において、前記支持手段はリンク機構8に、前記保持部材は押圧機構部6に、前記支承部材は移動体3にそれぞれ対応している。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照し、本発明の実施の形態について説明する。

【0019】【第1の実施形態】図1は本発明の第1の実施形態に係る配管用自動超音波探傷装置の押圧機構部6を示す図である。

【0020】押圧機構部6は探傷アーム4にスライド可能に取り付けられた本体部6aと、この本体部6aの図において下部に設けられたエアシリンダ7と、エアシリンダ7によって駆動端が駆動されるリンク機構8と、このリンク機構8の作動端に取り付けられて超音波探触子5を保持するホルダ9とからなる。リンク機構8は、3リンク(8a, 8b, 8c)4節点(A, B, C, D)で構成されるもので、節点Aは第1のリンク8aの先端で第2のリンク8bの一端を回動自在に連結し、第2のリンク8bの他端は節点Cで第3のリンク8cの中央部

【0021】ここで、上記リンク機構8を詳細に説明す

(4)

特開平9-288094

5

る。図3は図1に示すリンク機構8をモデル化したものであり、超音波探触子の径方向への移動を軸方向に対して、直線的に押し出すリンク機構の機能図である。以下、図3を参照し、超音波探触子保持点（節点D）がエアシリンダ7の押出し量mにより直線距離Xが変化するかどうか検証する。

【0022】まず、点Aは設定点（OA = L）であり、点BはOO'上を直線移動する。mは点Bが移動した距離、角度θは点Bが移動したときの第1のリンク8aと第3のリンク8cとのなす角（∠ABD）、点Cは第3のリンク8cの中心にありAC = BC = CD = 1とする。超音波探触子保持点Dから押圧機構部6本体までの垂直距離Xは、

$$X = m + 21 \times \sin(90^\circ - \theta)$$

で求められる。そこで、設定長さであるL寸法は、

$$L = m + AB$$

であり、

$$AB = 21 \times \sin(90^\circ - \theta)$$

であるので、

$$L = m + 21 \times \sin(90^\circ - \theta)$$

となる。したがって、X = Lとなり、任意の点B、すなわち、エアシリンダ7の押出量が変化しても超音波探触子保持点DのX寸法は変わらないことが分かる。このことは、エアシリンダ7のストロークは超音波探触子5の配管1の軸心方向だけの位置を規定し、軸方向の位置には関与しないので、押圧機構部6の接触アーム4に対する位置が一旦決まれば、測定箇所が軸方向でずれることはなくなる。それゆえ、測定に際して前記ずれが原因となる誤差が生じることがなく、自動化が容易となる。

【0023】検査時には、上記のように構成された押圧機構部6を、エアシリンダ7の変位の方向が探傷アーム4に対して平行になるようにして探傷アーム4に取り付け、リンク8a～8cからなるリンク機構8によってエアシリンダ7の軸方向変位を径方向変位に変換する。したがって、配管1から見ると、押圧機構部6の高さ方向の寸法は高さ方向にエアシリンダ7を配置する必要がなくなるので、最小で済むことになる。

【0024】また、エアシリンダ7は探傷アーム4のボールねじ等で送られるスライダー10にスプリング11およびノックピン12を介して取り付けられており、スプリング11を押しながらエアシリンダ7を探傷アーム4の軸方向に対して平行な面内で回転させることができるようにになっている。そこで、エアシリンダ7を回転中心Tを中心として180度回転させると、探傷部の溶接部（線）Wを挟んで超音波の入射方向を変えることができる。したがって、探傷方向を変える際に、押圧機構部6やエアシリンダ7を取り外して付け替えるなどの手間を掛ける必要がなくなる。

【0025】さらに、図2の超音波探触子の押圧機構の動作説明図に示すように、超音波探触子5の位置とエア

6

一シリンダ7の回転中心位置をSだけオフセットさせることにより、探傷アーム2の長さを必要探傷長さに対して2S分短くすることができる。これにより装置の小型化が可能になるとともに、従来例のように探傷アーム4と曲管1bの腹側1b'との干渉も抑制することができる。

【0026】本実施形態によれば、超音波探触子5の位置を設定して移動体3をガイドレール2に沿って走行させることで、直管と曲管との溶接部の精度のよい自動探傷が可能となる。また、装置が小型化されるので、自動探傷の適用率が向上するとともに操作性も向上する。この小型化によって自動走行時のモータ負荷が軽減し走行速度を速くなる。このようにして作業効率が向上するので、探傷を行う作業者への放射線被曝量を低減することができる。

【0027】【第2の実施形態】上記実施形態では、上述のように第1ないし第3のリンク8a, 8b, 8cの節点間距離 $l_1, l_2, l_3$ をそれぞれ等しく（=1）することによってエアシリンダ7の直管1aの軸方向変

20 位を超音波探触子5の径方向変位に変換するとともに、超音波探触子5および超音波探触子ホルダ9を直線的に移動させるように構成しているが、例えば曲管部1bでは、直線的な移動では、前述のように腹側1b'では干渉し、背側1b''では過剰なストロークが必要となるという不都合が生じる。そこで、第1ないし第3のリンク8a, 8b, 8cの節点間距離 $l_1, l_2, l_3$ の少なくとも1つが異なるように、例えば、 $l_1 \neq l_2 \neq l_3$ あるいは $l_1 = l_2 \neq l_3$ となるように設定すると、超音波探触子保持点Dの軌跡は第1の実施形態のように直線的にはならない。

【0028】一例として図4に $l_1 = l_2 \neq l_3$ に設定したときの軌跡を示す。この図から分かるようにエアシリンダ7のストロークの変化（点Bの $B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow B_3$ のような直線的な変化）に対応して超音波探触子保持点Dの軌跡が曲線状（点 $D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3$ ）になっていることが分かる。なお、 $C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow C_3$ は節点Cの軌跡である。このように設定すると、直管1aと曲管1bとの溶接部Wを探傷する際に、特に、曲管側から探傷する際に、曲管1bの背側1b''と腹側1b'の探傷距離変化に近似的に対応することができる。すなわち、軸方向の探傷距離は曲管部の曲げの中立軸を基準にすれば、曲管部の曲げ半径に相当する分だけ背側1b''では短く、腹側1b'では長くなる。したがって、探傷距離を曲管部の各部位において一様にするには、図4に示したようにリンク8a～8cの節点間距離を変えることである程度対応することができる。その他、特に説明しない各部は前述の第1の実施形態と同等に構成されているので、重複する説明は省略する。

【0029】40 【発明の効果】これまでの説明で明らかなように、本発

(5)

特開平9-288094

7

明によれば、以下に述べるような効果を奏する。

【0030】すなわち、超音波探触子の支持手段が、保持部材によって被検体の表面に対して平行な方向に駆動したときに超音波探触子を被検体の表面に対して垂直な方向に移動させるリンク機構からなる請求項1記載の発明によれば、保持部材の被検体に対する平行な動作を支持手段の被検体の表面に対する垂直な方向の移動に変換するので、保持部材の高さを最小限の抑えることが可能になり、これによって小型軽量化を図ることができ、もってコストの低減と作業効率の向上を図ることが可能となる。さらに、この作業効率の向上によって例えば原子炉の配管の検査を行う場合に、作業者の被爆時間を短縮することができる。

【0031】超音波探触子の支持手段が、超音波探触子を被検体の表面に対して所定の曲率で移動させるリンク機構からなる請求項2記載の発明によれば、曲がった材料に対して背側と腹側の探傷距離変化に対応する必要があるときに、リンク機構の節点間距離を変更することで、近似的に探傷距離変化に対応することが可能となる。

【0032】被検体が管状部材からなり、保持部材が管状部材の軸方向に平行に配置される請求項3記載の発明によれば、請求項1または2記載の発明を管状部材に適用することができる。

【0033】管状部材の円周方向に沿って設置されるガイドレールと、このガイドレールに沿って円周方向に移動可能に保持部材を支承する支承部材とをさらに備えた請求項4記載の発明、および支承部材にモータを含む駆動機構が搭載された請求項5記載の発明によれば、超音波探触子の位置精度を保持したまま、自動走行が可能なので、管状部材の超音波探傷を精度よく、能率的に行うことができる。

【0034】支持手段が保持部材の長手方向に対して平行に回動可能に支持された請求項6記載の発明によれば、支持手段を回動させることによって超音波探触子の

8

音波の入射方向を簡単に変更することができるので、効率のよい探傷が可能となる。

【0035】支持手段の回動中心に対して所定量オフセットされた位置に超音波探触子を設けた請求項7記載の発明によれば、支持手段の回動と超音波探触子のオフセットとの組み合わせによって支持手段による探傷範囲が延長されるので、探傷アーム長さを必要探傷長さに対してオフセット量の2倍短くすることが可能となり、これによって小型軽量化がさらに促進され、コストの低減と作業能率をさらに向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波探触子の押付機構を示す一部を断面した正面図である。

【図2】第1の実施形態に係る配管用自動超音波探傷装置の全体の動作を示す説明図である。

【図3】第1の実施形態に係るリンク機構の動作を説明するための説明図である。

【図4】第2の実施形態に係るリンク機構の動作を説明するための説明図である。

【図5】従来例に係る配管用自動超音波探傷装置を示す正面図である。

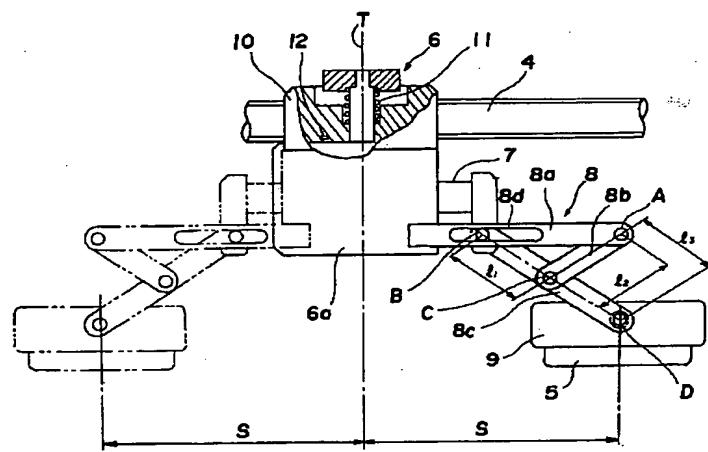
【符号の説明】

- 1 配管
- 2 ガイドレール
- 3 移動体
- 4 探傷アーム
- 5 超音波探触子
- 6 押付機構
- 7 エアシリンダ
- 8 リンク機構
- 8 a, 8 b, 8 c, 8 d リンク
- 9 ホルダー
- 10 スライダ
- 11 スプリング
- 12 ノックピン

(6)

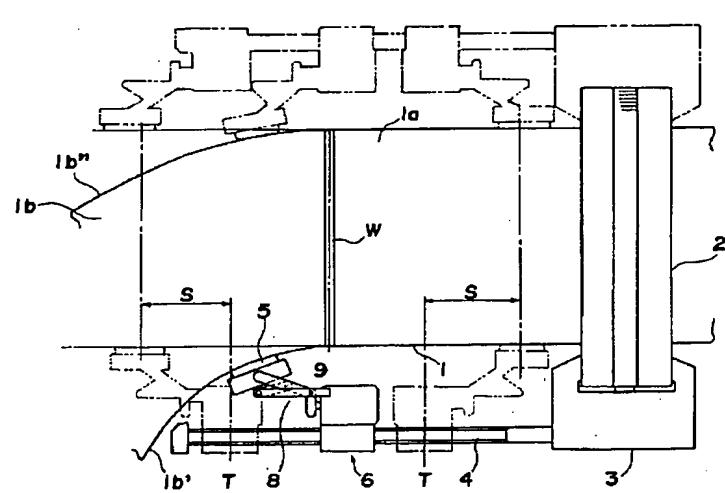
特開平9-288094

【図1】



【図1】

【図2】



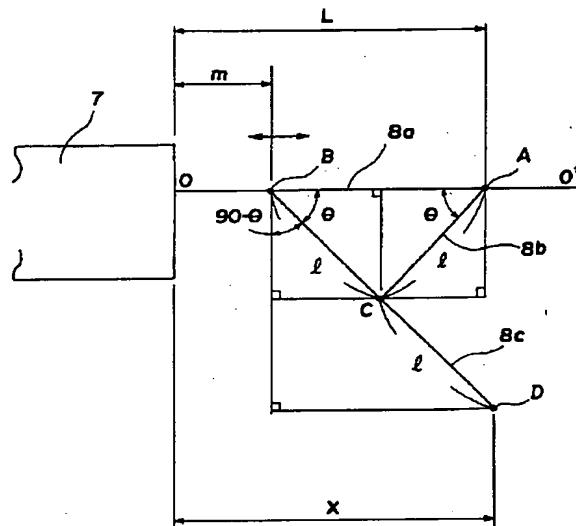
【図2】

(7)

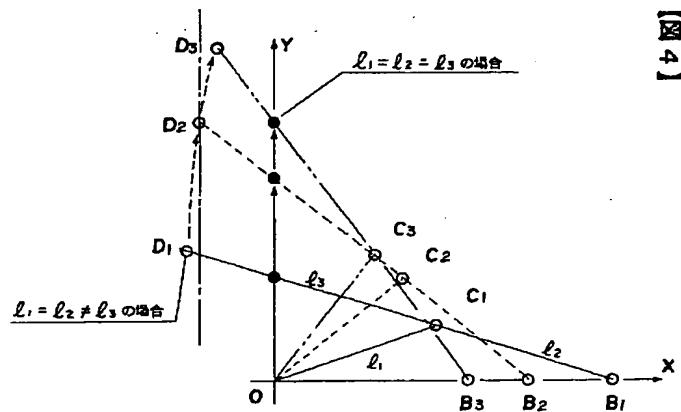
特開平9-288094

【図3】

【図3】



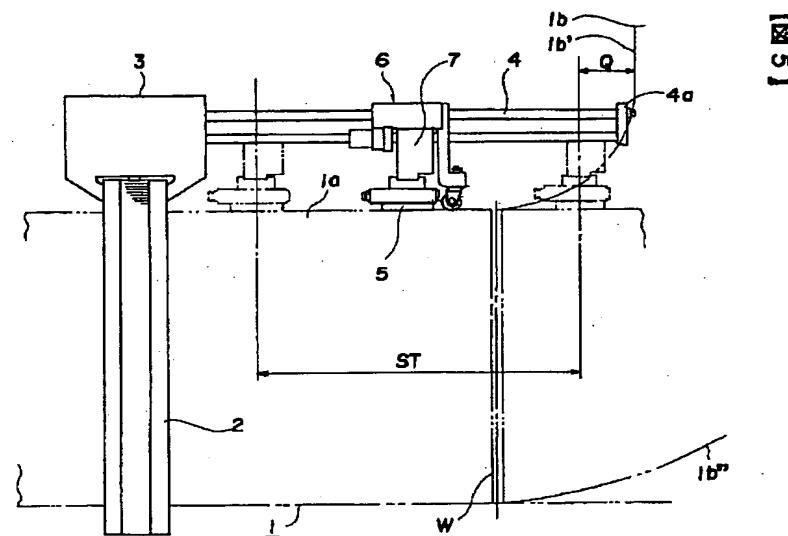
【図4】



(8)

特開平9-288094

【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 一木 洋一

茨城県日立市幸町三丁目2番1号 日立エ  
ンジニアリング株式会社内

(72)発明者 木村 裕

茨城県日立市幸町三丁目2番1号 日立エ  
ンジニアリング株式会社内